

⑪ 公開特許公報(A)

昭62-239106

⑫ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和62年(1987)10月20日

G 02 B 3/14

7448-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 可変焦点光学素子

⑮ 特 願 昭61-83763

⑯ 出 願 昭61(1986)4月11日

⑰ 発 明 者	馬 場 健	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑰ 発 明 者	野 瀬 哲 志	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑰ 発 明 者	川 上 英 悟	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑰ 発 明 者	中 島 敏 之	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑰ 発 明 者	榑 引 信 男	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑰ 発 明 者	丹 羽 雄 吉	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑰ 出 願 人	キャノン株式会社	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	
⑰ 代 理 人	弁理士 猿渡 章雄	外2名	

明 細 書

1. 発明の名称

可変焦点光学素子

2. 特許請求の範囲

弾性体と、開口部を有し、且つ該弾性体に接触する比較的硬い開口部材と、弾性体に外力を印加し、上記開口部から露出した弾性体光学素子の形状を変化させる外力付手段とからなり、該外力付手段が、一定の外力を絶えず弾性体に印加する手段であることを特徴とする可変焦点光学素子。

3. 発明の詳細な説明

技術分野

本発明は、弾性体に絶えず所定値以上の外力を付与することにより、焦点距離のコントロールの精度を向上させた可変焦点光学素子に関する。

背景技術

カメラ、ビデオ等の光学装置や光通信、レーザーディスクをはじめとするエレクトロ-optics装置に用いられる光学素子として、光学素子

形状を変化させることにより、焦点距離を可変とした光学素子が本出願人により提案されている(特開昭60-111201号公報)。

この可変焦点光学素子は、弾性体と、開口部を有し、該弾性体に接触する比較的硬い開口部材とからなり、上記弾性体を変形させて、開口部材の開口部から露出した弾性体の光学素面(以下「開口表面」という)の形状を変化させることにより、比較的小さい外力の変化で大きな焦点距離の変化を得ることを可能としたものである。

このような可変焦点光学素子として、本出願人は、単一の弾性体層からなる単層弾性体を利用したもの(上記特開昭60-111201号公報)、および異なる弾性率を有する複数の弾性体層を光軸方向に積層してなる、改良された変形特性を有する積層弾性体を利用したもの(特開昭60-80883号)を提案しているが、これらの可変焦点光学素子においては、弾性体の変形量が比較的小さい領域で、焦点距離が不規則に変化する傾向があり、(この領域において)所望の焦

点距離を得るための精密なコントロールが必ずしも容易でなかった。

発明の目的

本発明の主要な目的は、弾性体の変形量に対して、焦点距離を規則的に変化させることにより、焦点距離のコントロールの精度を向上させるとともに、光学表面の精度目標をも向上させた可変焦点光学素子を提供することにある。

発明の概要

本発明者は研究の結果、可変焦点光学素子の弾性体にバイアスの外力を絶えず印加することが、弾性体の変形量（ないし弾性体に印加される外力）に対する焦点距離の規則的な変化を実現させ、上記目的の達成に極めて効果的であることを見出した。

本発明の可変焦点光学素子はこのような知見に基づいたものであり、より詳しくは、弾性体と、開口部を有し、且つ該弾性体に接触する比較的硬い開口部材と、弾性体に外力を印加し、上記開口部から露出した弾性体光学表面（開口表面）の形状

を変化させる外力付与手段とからなり、該外力付与手段が、一定以上の外力を絶えず弾性体に印加する手段であることを特徴とするものである。

本発明の可変焦点光学素子においては、弾性体にバイアスの外力を絶えず印加し、該弾性体と開口部材との接触状態を、開口表面曲率の規則的な変化に適した状態に維持しているため、弾性体の変形量と、開口表面の曲率変化に基づく焦点距離（ないし屈折力）変化との良好な規則的な関係（例えば比例関係）が得られるのみならず、成形時に生じる弾性体開口表面の不均一性（アス、クセ等）が除去され、その結果、焦点距離（ないし屈折力）の精密な制御が容易で、しかも上記不均一性の除去により弾性体開口表面の光学精度が改善された可変焦点光学素子が得られる。

更に、弾性体開口表面の初期形状（外力を加えていない状態の形状）を凸面ないし凹面とする場合、成形型からの離型時に生ずる弾性体の変形に起因して、離型後の弾性体開口表面の曲率が成形型成形面の曲率（設計値）よりも若干小さくなる

傾向が見られることがあるが、このような開口表面の曲率のズレも、本発明における所定の外力印加により、実質的に除去されることとなる。

以下、必要に応じて図面を参照しつつ、本発明を更に詳細に説明する。以下の記載において量比を要せず「%」および「部」は、特に断らない限り重量基準とする。

発明の具体的な説明

本発明の光学素子の概要は前述した通りであるが、本発明の特徴をより詳細に説明するために、本発明とは異なり、弾性体に絶えず一定の力を印加する外力付与手段を具備しない光学素子（本出願人が特願昭60-80883号において提案した光学素子）の概略について、まず説明する。

このような光学素子1aの、弾性体厚さ方向横断面図である第1図を参照して、光学素子1aは、光軸Z方向に沿って、弾性体の開口表面側から、開口部2aを有する開口部材2と、第1弾性体層31と第2弾性体層32とを積層してなる弾性体3と、底版4とから構成される。

第2図は、この光学素子1aにおける弾性体3の初期状態（外力を加えていない状態）からの変形量ΔZ（光軸Z方向に沿った底版4の移動量で示す）と、光学素子1aの初期状態からの屈折力（焦点距離の逆数）の変化ΔC（ディオプター単位）との関係を示すグラフである。

一方、本発明の光学素子の好ましい実施態様における弾性体層の厚さ方向横断面図である第3図を参照して、本発明の光学素子1は、光軸Zに沿って図面上方（弾性体開口表面側）から、中心に円形開口部2aを有し、比較的硬い材料からなる円筒状の開口部材2と、該開口部材2に接触する第1弾性体層31に、これと異なる弾性率を有する第2弾性体層32を積層してなる円柱状の積層弾性体3と、透明で比較的硬い材料からなり、該積層弾性体3を上記開口部材2とともに挟持する形で該弾性体3に接触する円形底版4と、該円形底版4を介して該積層弾性体3に絶えず一定の外力を印加する外力付与手段たる円筒状の押え環5とから構成される。

上記構成において、積層弾性体3に必要な変形を加えるために、円形底板4は開口部材2に対して光軸Z方向に沿って移動可能に配置される。また、弾性体3を加圧して変形する場合においては、押え部5は開口部材2に対して接着・固定化される。

本発明において、積層弾性体3に外力を全く加えない状態（押え部5を配置しない状態）における光学素子1bを示す第4図を参照して、円柱状の積層弾性体3を構成する材料としては、光学素子の使用温度において、エラストマーたる性質を示す天然ないし合成の高分子物質を特に制限なく使用することができるが、この材料の（光学素子使用温度における）弾性率 $E(E = \sigma / \gamma, \sigma$ は応力、 γ は弾性ひずみ)は、 $10^2 \sim 10^8 \text{ N/}\square$ 、特に $10^2 \sim 10^6 \text{ N/}\square$ が好ましい。これらの弾性率 E は、例えばJIS K 6301ないしJIS K 2808に規定する針入度によって測定することができる。

上記弾性率 E が $10^2 \text{ N/}\square$ 未満では重力や振

動等の影響による弾性体の変形が大きくなり、また、柔軟性が増大するために弾性体を成形した際に、初期形状（外力が加えられていない場合の弾性体の形状）を精度よく出すことが困難となる。一方、弾性率 E が $10^8 \text{ N/}\square$ を越えると、弾性体の変形に要する力が大きくなり過ぎて好ましくない。

このような弾性体としては、本発明の光学素子をレンズとして使用する場合には、（少なくとも使用する波長の光に対して）透明度の高いものを用いることが好ましい。

本発明において用いられる弾性体材料としては、具体的には、一般に“ゴム”として知られている天然ゴムや合成ゴム、例えば、スチレンブタジエンゴム（SBR）、ブタジエンゴム（BR）、イソブレンゴム（IR）、エチレンプロピレンゴム（EPM、EPDM）、アクリルゴム（IR）、クロロブレンゴム（CR）、アクリロニトリル-ブタジエンゴム（NBR）、ウレタンゴム（U）、シリコンゴム（SI）、ふっ素ゴム

（FPM）、多硫化ゴム（T）、ポリエーテルゴム（POR、CHR、CHC）等が挙げられる。

以上に列挙したような弾性体材料は必要に応じて架橋されるが、例えばこの架橋の程度を制御することによって、前述の弾性率 E を変化させることができる。この架橋は、例えば、イオウやパーオキシド等からなる架橋剤を用いて行えばよい。

本発明において第1弾性体層31ないし第2弾性体層32を構成する材料としては、上述したような種々のエラストマーが用いられるが、好ましい力学的特性（弾性率等）、あるいは好ましい光学的特性（透明度、屈折率等）が容易に得られる点からは、シリコンゴム、エチレン-プロピレンゴム等が特に好ましく用いられる。

上述したような弾性体材料から構成される第1弾性体層31および第2弾性体層32の弾性率をそれぞれ E_1 および E_2 、第1弾性体層³1および第2弾性体層³2の光軸Z上の層厚をそれぞれ

t_1 、 t_2 とすると、 $E_1 > E_2$ であることが好ましく、更には、このような E_1 、 E_2 の関係においては、 $t_1 \leq t_2$ であることが好ましい。この場合、 $t_1 > t_2$ では積層弾性体3の変形に要する力が増大することとなる。

また、積層弾性体3を変形させる場合に、弾性体3の開口表面3aを球面に近い形状に維持しつつ変形させる点からは、

$$5 < (E_1 \times t_1) / (E_2 \times t_2) < 100 \quad \dots (1)$$

の関係があることが好ましい。

第1弾性体層31と、第2弾性体層32とは、同種の材料を用いて形成してもよく、また異種の材料を用いて形成してもよいが、第1弾性体と第2弾性体との屈折率の差を比較的小さくして、得られた光学特性を有する積層弾性体3を容易に得る点、あるいは第1弾性体層31と第2弾性体層32との接着性を好ましい範囲に維持する点からは、同種の材料（例えばシリコンゴム）を用いてこれらの弾性体層31および32を構成することが好ましい。

上述した積層弾性体3を取容する開口部材2は、金属、ガラス、樹脂等の比較的硬い材料からなる好ましくは厚さ1~2mm程度の板を、円形の開口部2aを有する円筒状に形成してなる。

この開口部材2は不透明の材料から構成されることが好ましい。

上述した開口部材2とともに積層弾性体3を挟持する円形底板4は、透明で比較的硬い材料であるガラス、樹脂等からなり、その厚さは1~5mm程度であることが好ましい。

第3図を参照して、上記底板4を介して、積層弾性体3に一定の外力を印加する外力付手段たる押え環5は、前述した開口部材2と同様の材料からなるが、この押え環5が開口部材2に対して積層・固定化されることにより、弾性体3に全く外力が印加されていない状態(第4図)から、弾性体3に一定の外力が印加された状態(第3図)の本発明の光学素子1となる。屈折力(ないし焦点距離)変化と弾性体変形量の変化との規則的関係を実現するために、この押え環5から弾性体3

に印加される一定の外力は、この外力が印加されることによって生ずる弾性体3の(第4図の状態から第3図の状態に至る)変形量によって好適に決定できる。

この第4図の状態から第3図の状態にするための、円形底板4の光軸Z方向に沿った移動量(ΔZ)は、第1弾性体層31ないし第2弾性体層32の弾性率 E_1 ないし E_2 、あるいは、これらの弾性体層の光軸Z上の厚さ(t_1 ないし t_2)によっても若干異なるが、この ΔZ は、積層弾性体3の光軸Z上の全厚($T = t_1 + t_2$)に対して、1~20%程度、更には2~10%程度であることが好ましい。

上記 ΔZ が、 T の1%未満では、弾性体3の(第3図の状態からの)変形量(ΔZ)と、光学素子1の(第3図の状態からの)屈折力変化(ΔC)との良好な規則的関係(例えば比例関係)を得ること、あるいは、開口表面3aのアスやクセを除去することは困難である。一方、 ΔZ が T の20%を越えると、このような ΔZ を得るた

めに押え環5から弾性体3に印加する外力が大きくなり過ぎて好ましくない。

本発明において、上述したような一定の外力の印加によって得られる屈折力(ないし焦点距離)の変化と、弾性体3変形量との規則的関係は、一定の数式によって表わされる関数的関係(例えば、比例関係、反比例関係、指数関数的関係、等)であることが好ましいが、屈折力の精密なコントロールがより容易な点からは、比例関係(ないし直線関係)であることが、更に好ましい。

なお、開口表面3aのアスやクセを除去する点からは、押え環5から底板4に印加する外力は、開口表面3aの表面積を増大させる方向に作用させることが好ましい。すなわち、第4図に示すように、外力を印加する前の開口表面3aの形状(初期形状)が凸面である場合は、底板4を凹面上方に移動させ、弾性体3を加圧する方向に外力を作用させる(第3図)ことが好ましい。一方、開口表面3aの初期形状が凹面である場合(図示せず)には、底板4を凹面下方に移動させ、弾性

体3に負圧を加える方向に外力を作用させることが好ましい。弾性体3に負圧を加える場合、第1弾性体層31(開口表面3a側)は、開口部材2に強固に接着しておく必要がある。

上述したような一定の外力を印加する外力付手段としては、光学素子1の光学特性を害することなく(レンズの場合は、所望の光線の通過を阻害することなく)、弾性体3に定常的な外力を印加できる公知の外力付手段(例えば、ヘリコイド、バネ等)を特に制限なく用いることが可能であるが、精密に制御された外力を安定に弾性体3に印加する点からは、上記押え環5等の固定的手段を用いることが好ましい。

上述した構成を有する光学素子1は、その全体が第3図に示すような円筒形状に形成されるが、本発明において、例えば、直方体状に形成した弾性体と、矩形の開口部を有する直方体状の開口部材とを用いて光学素子を構成してもよい。このような光学素子の矩形状の開口表面は、シリンドリカルレンズ、トーリックレンズ等として用いるこ

とが可能である。

また、弾性体3の開口表面3aに金属を蒸着させる等の方法により、この開口表面を反射面として利用することも可能である。このような態様においては、弾性体を構成する材料は透明である必要はなく、また、該弾性体中に金属粉末等の充填剤が分散されていてもよい。

次に、上述した構成を有する本発明の光学素子1の使用方法について説明する。

第5図を参照して、モータ、ヘリコイド等からなる駆動手段（図示せず）に接続し、光軸Z方向に移動可能とした円筒状の駆動部材8を、円形基板4の押え環5対向面に接触させて配置する。

この駆動部材8を図面上方に移動させて、弾性体3に圧力を印加すると、該圧力の大きさに応じて弾性体3の開口表面3aが開口部材2の円形開口部2aから（第3図の状態より更に）凸レンズ状に突出する。弾性体3に加える上記圧力の大きさを制御することにより、上記凸レンズ状の形状は可逆的に変化させることができ、所望の焦点距離を得ることができる。

なお、上記においては、可変の外力付与手段たる駆動部材8を、一定の外力付与手段たる押え環5と別個の部材としているが、これら2つの部材の機能を1つの部材（例えば駆動部材8）で兼用させてもよい。

更に、これとは別に、上述した光学素子1において用いた積層弾性体3（開口表面3aを球面等の所望の形状に維持しつつ変形させる点では有利である。）に代えて、単一の弾性体層からなる単層弾性体（図示せず）を用いる場合にも、前述の ΔZ と ΔC との良好な規制的関係等の効果を同様に得ることができる。

発明の効果

上述したように本発明によれば、弾性体に絶えず一定の外力を印加する手段を設けてなり、弾性体開口表面のアスクレを排除するとともに、弾性体の変形量と屈折力（ないし焦点距離）変化とが良好な規制的関係を示すことにより、屈折力（ないし焦点距離）の精密なコントロールを容易とした可変焦点光学素子が提供される。

難を得ることができる。

本発明においては、押え環5により、弾性体3に絶えず所定の外力を印加している（第3図）ため、上記駆動部材8による（第3図の状態からの）弾性体3の変形量（ ΔZ ）と、光学素子1の（第3図の状態からの）屈折力変化（ ΔC ）とは良好な規制的関係（例えば比例関係）を示し、上記変形量をコントロールすることにより、所望の屈折力（ないし所望の焦点距離）を精度よく得ることができる。

一方、上記とは逆に、弾性体3に負圧を印加した場合（この際、押え環5は、基板4に接合しておくが、開口部材2とは接合しないでおく。）、弾性体3の開口表面3aは可逆的に変化する凹レンズ形状（図示せず）を与えるが、この際にも、上記 ΔZ と ΔC とは良好な規制的関係を示す。

上述したような光学素子1の動作の様子は、例えば有限要素法による構造解析プログラムを用いて容易に解析することができる。

以下、実施例により、本発明を更に具体的に説明する。

実施例

第4図を参照して、シリコーンゴム（KE108、信越化学工業社製）100部に硬化触媒（Catalyst RG、信越化学工業社製）10部を添加し、攪拌、真空脱泡してなる混合物を、85℃で4時間放置して硬化させた材料からなる透明な第1弾性体層31（光軸Z上の肉厚t₁が1mm）上に、シリコーンゴムKE106と、硬化触媒Catalyst RGと、シリコーンゴムKE104 Gelと、硬化触媒Catalyst 104（いずれも信越化学工業社製）とを重量比10:1:100:10で混合し、真空脱泡した混合物を40℃で72時間放置し、硬化させた材料からなる透明な第2弾性体層32（光軸Z上の肉厚t₂が4mm）を積層し、曲率半径が50mmの球面状の開口表面3aを有し、且つ、底面（基板4対向面）が直径25mmの円柱形状を有する積層弾性体3を得た。

この積層弾性体3を直径30mmの円形基板4

と、直径 20mm の円形開口部 $2a$ を有する内径 30mm の円筒状開口部材 2 とで挟持させて、第4図の光学素子 $1b$ を得た（なお、この光学素子 $1b$ の形成方法のより詳細については、本出願人の特開昭80-80883号を参照することができる）。

次いで、この光学素子 $1b$ に、第3図に示すように、内径 25mm の円筒状押え環 5 （アルミ製）を、開口部材 2 に接合して配置することにより、第4図の光学素子 $1b$ の状態から、底板 4 を光軸 Z 方向に沿って $\Delta Z_0 = 0.2\text{mm}$ 図面上方（弾性体 3 に加圧する方向）に移動させ、本発明の光学素子 1 とした。この第3図の光学素子 1 の開口表面 $3a$ においては、弾性体 3 の成形時に生じるアスラケは消失しており、良好な光学表面精度が得られた。

この光学素子 1 に、第5図に示すように内径 23mm の円筒状駆動部材 6 を用いて、ガラス底板 4 を、弾性体 3 を加圧する方向に、（第3図の状態から更に）光軸 Z 方向に $\Delta Z = 0 \sim 0.4\text{mm}$

の移動量で移動させたと、後層弾性体 3 の開口表面 $3a$ の形状は、ほぼ球面形状を保持しつつ変形し、該開口表面 $3a$ の曲率半径は $45 \sim 30\text{mm}$ の間で可逆的且つ連続的に変化させることができた。この際、上記 ΔZ に対して、光学素子 1 の屈折力を、 $8.8 \sim 13.3$ ディオプターの範囲でほぼ直線的に変化させることができた。

4. 図面の簡単な説明

第1図、第3図ないし第5図はいずれも可変焦点光学素子の弾性体層の厚さ方向横断面図であり、第1図は本出願人の先の出願に記載した光学素子を示す図、第3図は本発明の光学素子を示す図、第4図は押え環配置前の光学素子を示す図、第5図は本発明の光学素子の使用方法を説明するための図であり、第2図は第1図の光学素子における弾性体変形量と屈折力変化との関係を示すグラフである。

1…可変焦点光学素子

2…開口部材

2a…開口部

3…後層弾性体

3a…開口表面

31…第1弾性体層

32…第2弾性体層

4…底板

5…押え環

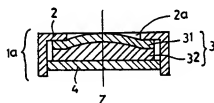
6…駆動部材

代表図：第3図、第5図

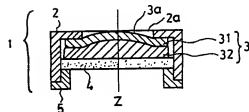
出願人代理人 遠藤 卓雄



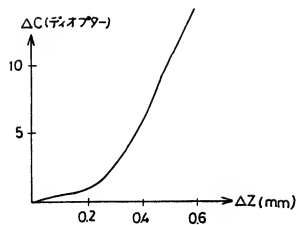
第 1 図



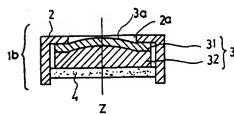
第 3 図



第 2 図



第 4 図



第 5 図

